

Office Fédéral de l'énergie  
CH-3003 Berne  
att Mr M. Hinderling

rég. : 633/Hi

## **Module biogaz discontinu installé chez Monsieur Chevalley**

## **Rapport**

ADER  
Association pour le Développement des Énergies Renouvelables  
Sévelin, 36  
1004 Lausanne

Septembre 1997

## Table des matières

### 1 Introduction

### 2 Commentaires sur le module biogaz discontinu

### 3 Commentaires des 4 cuvées

31 Cuvée n°1

32 Cuvée n°2

33 Cuvée n°3

34 Cuvée n°4

### 4 Avantages

### 5 Inconvénients

### 6 Améliorations possibles

### 7 Développements possibles

## 1. Introduction

Le module biogaz discontinu élaboré par l'ADER devait remplir un certain nombre de conditions : un dispositif relativement simple à mettre en place, facile à exploiter, utilisant directement le substrat brut sans transformation de celui-ci, ni adjonction, ni mélange, une utilisation réduite en énergie pour la production de biogaz, une production quotidienne plus faible pendant une période plus longue, réduisant la taille de stockage du gaz, mais aussi une amélioration du substrat par l'action des bactéries méthanogènes.

Le but de cette installation était de confirmer les résultats obtenus chez Mr Delafontaine dans une exploitation extensive biologique, mais également de savoir si un tel dispositif était applicable dans une exploitation intensive traditionnelle. Mr Chevalley, qui possède déjà un dispositif de production de biogaz en continu, a été intéressé par une installation de production de biogaz en discontinu dont les modalités sont très différentes même si le but, la production de biogaz, est le même.

Le suivi technique des performances de cette installation pilote a été fait par EREP SA en ce qui concerne la qualité du biogaz, du substrat entrant et sortant mais aussi quotidiennement par Mr Chevalley qui relevait la production journalière ainsi que la température dans le digesteur à l'aide d'un thermomètre plongé au cœur du réacteur. Les commentaires se réfèrent aux résultats présentés dans le rapport de Mr Y. Membrez EREP SA, octobre 1996.

Chez Mr Delafontaine qui possède une exploitation d'élevage de mères allaitantes en stabulation libre l'hiver et au pré durant la bonne saison, la production de fumier est importante en hiver mais presque nulle en été. De plus, cette exploitation est biologique ce qui signifie, entre autre, aucune utilisation d'antibiotiques.

Chez Mr Chevalley, il s'agit d'une exploitation laitière non biologique où l'utilisation d'antibiotiques est possible pour soigner les animaux. Des résidus peuvent se retrouver dans le fumier utilisé dans le module. Or, le biogaz est le produit d'une suite de réactions biologiques faites par des bactéries qui peuvent y être sensibles. Un système de digestion non mélangé évite une répartition dans tout le module de ces éventuels résidus d'antibiotiques.

## 2. Commentaires sur le module biogaz discontinu

Il s'agit d'un «garage» d'un volume de 54 m<sup>3</sup> d'une longueur de 6 m, d'une largeur de 3 m et d'une hauteur de 3 m. Le volume utile est de l'ordre de 40 à 45 m<sup>3</sup> soit 75 à 83% de la capacité totale du module.

Le choix de ce volume et de ces dimensions répond à un certain nombre de contraintes. En effet, le module doit être transporté par la route et doit donc avoir des dimensions compatibles avec ce type de transport. De plus, le remplissage et la vidange du fumier sont faits avec un tracteur muni d'une fourche frontale ce qui impose une hauteur minimum. Il faut également pouvoir mettre et enlever la porte sans matériel spécifique. Le volume utile doit correspondre à la production de substrat de l'exploitation, en tenant compte du temps de séjour de chaque chargement, et assurer le prochain afin que le module soit souvent en service pour assurer sa rentabilité.

Ce module doit être étanche puisque la production de biogaz se fait en l'absence d'oxygène et les parois doivent résister à une augmentation de la pression à l'intérieur du module due par exemple à un éventuel bouchage du tuyau d'évacuation du biogaz. Pour ces raisons, la porte et les parois sont en tôle de 5 mm avec renforts en acier.

L'isolation doit être efficace et simple puisque, pour des raisons de limitation des coûts, c'est l'agriculteur qui la met en place. Les données techniques des différents matériaux disponibles sur le marché ainsi que plusieurs essais effectués sur l'exploitation de Mr Delafontaine ont permis de choisir du polystyrène expansé d'une épaisseur de 20 cm. Une épaisseur supérieure n'apporterait pas d'amélioration notable de l'isolation mais en revanche en augmenterait le coût. Une bâche foncée protège le module isolé des intempéries et, de par sa couleur, accroît l'échauffement dès qu'il y a du soleil.

Il a été choisi de faire la digestion du fumier à une température de 20 à 30°C pour que la production de biogaz s'étale sur une période plus longue. En effet, à cette température la consommation de substrat par les bactéries est moins importante quotidiennement et la réaction peut donc se faire sur une période plus longue. Pour cette raison, il n'est pas utile de mettre en place un dispositif de chauffage trop sophistiqué. Il est nécessaire de réchauffer, ou d'éviter le refroidissement du contenu du module durant les mois d'hiver mais le système doit être simple et ne pas entraver les manœuvres effectuées lors du chargement et du déchargement du module. Pour cela, un serpentin est noyé dans un radier de béton sur lequel est posé le module. Le liquide caloporteur est réchauffé par la combustion d'une partie plus ou moins importante du biogaz produit par le module lui-même.

Le coût du matériel nécessaire pour la construction de ce module est d'environ 33 000 fr. Si ces modules sont fabriqués en plus grand nombre, celui-ci diminuera. Le temps de mise en place est évalué à 3 jours pour 2 hommes. Il n'est pas nécessaire de faire appel à des spécialistes mais seulement à des bricoleurs, ce que chaque exploitant agricole doit être.

Le temps nécessaire pour le chargement et le déchargement du module est de 5 à 6 heures. Ce temps varie selon que le fumier est directement épandu ou mis en tas afin de subir un compostage avant son épandage. Mais si le fumier n'était pas digéré, il serait nécessaire de le déplacer également.

### 3. Commentaires des 4 cuvées

Les résultats présentés dans le rapport effectué par EREP SA sont ceux des premières cuvées faites après l'installation du module chez Monsieur Chevalley. Les commentaires sont faits sur la base de ces résultats (cf. «Suivi technique pour le module biogaz discontinu (ADER)») et des observations faites par Mr Chevalley ainsi que Mr Delafontaine qui a assuré un suivi de l'expérience afin de donner les informations nécessaires quant à l'utilisation du module.

La densité des fumiers est approximativement de 0.8 t/m<sup>3</sup> ce qui représente 32 à 36 tonnes de substrat lors de chaque chargement.

Le substrat était composé de environ la moitié de fumier de vaches, un quart de fumier de moutons et un quart de fumier de cheval qui est moins serré et plus pailleux que le fumier de vache.

**31. Cuvée n°1** du 7 mai 1995 au 17 octobre 1995 soit 163 jours.

Le module n'est ni isolé, ni chauffé. La production totale est de 1358 m<sup>3</sup> soit 8.3 m<sup>3</sup> /jour.

La température du contenu du module n'ayant pas été relevée, il est difficile de corrélérer la production de biogaz à celle-ci.

Le biogaz produit est de bonne qualité.

Cette cuvée ayant eu lieu dans un module non isolé, les variations de températures extérieures ont un impact plus important que lorsque le module est isolé. Cette expérience est faite pendant les mois les plus chauds, le chauffage n'était donc pas nécessaire.

On peut constater que c'est la cuvée qui présente la meilleure production moyenne par jour.

**32 Cuvée n°2** du 21 octobre 1995 au 5 décembre 1995 soit 45 jours.

L'isolation sera mise en place au cours de cette cuvée. La température n'est toujours pas mesurée.

Cette cuvée présente un mauvais rendement alors que normalement la production de biogaz durant le premier mois est la plus élevée, celle ci diminuant par la suite.

Dans ce cas et d'après l'expérience de Mr Delafontaine, on peut supposer que la température de départ était trop faible. La digestion aérobie de 1 ou 2 jours, nécessaire avant de passer en condition anaérobie n'a pas dû se produire correctement.

La température étant trop basse, il n'y a pas d'évaporation d'eau suivie de condensation sur le plafond du digesteur qui permet de maintenir une certaine humidité dans toute la masse qui est souhaitable pour le bon fonctionnement du module. En effet, en ouvrant le module pour le vider, il a été constaté que le fumier était très sec.

La température de départ est un facteur très important pour la bonne production d'une cuvée.

Du biogaz a été utilisé pour réchauffer le module mais trop tard, ce qui n'a pas permis d'améliorer la situation.

**33 Cuvée n°3** du 11 décembre 1995 au 16 avril 1996 soit 127 jours.

Le module est terminé et un thermomètre est en place, ce qui permet de corrélérer la production avec la température.

Les mottes de fumier ont été détruites par l'épandeuse à fumier avant de mettre celui-ci dans le module afin de voir si la production était améliorée.

On remarque que la température de départ (40°C) est relativement basse, ce qui pose un problème, surtout durant les mois d'hiver et que celle-ci descend très rapidement. Le chauffage utilisé par intermittence ne semble pas avoir changé grand chose quant à la diminution de la température. Peut-être aurait-il été préférable de chauffer un peu tous les jours, sans pour autant utiliser plus de biogaz pour cela.

Il est souhaitable d'avoir une température de 50°C au départ puis de maintenir celle-ci entre 25 et 30°C (bactéries mésophiles : croissance et production de biogaz optimal à 35 °C mais possible jusqu'à 20°C). En dessous de 20°C, la production est très faible car les bactéries psychrophiles produisent très peu de biogaz. De plus, elles n'ont pas été sélectionnées au début de la fermentation donc cette population est très faible.

**34 Cuvée n°4** du 25 avril 1996 au 4 octobre 1996 soit 162 jours.

La production de biogaz est meilleure que celle de la cuvée précédente mais on remarque que la température était plus élevée durant tout le temps du chargement.

Lors de la vidange, il a été constaté que le substrat était très sec, ce qui n'est pas très favorable pour la fermentation anaérobie. En effet, celle-ci nécessite une humidité minimum pour s'effectuer dans de bonnes conditions.

La quantité optimale de paille est de 5 kg/j/UGB. Des essais ont permis de voir que si cette quantité descend à de 2 kg/j/UGB, ceci entraîne des problèmes de fermentation aérobiose au début et la montée en température ne se fait pas.

Ici, ce n'est pas le cas puisqu'il y avait du fumier de cheval qui est très pailleux.

#### 4. Avantages

\* Le module est facile à mettre en place. Il suffit de disposer d'une surface plane correspondant à la base du garage et de l'aménager par un radier de ciment.

\* Le fumier est utilisé tel quel, et peut donc être chargé directement en le sortant de la stabulation ou de l'étable.

\* Le module devient donc un lieu de stockage du fumier où il n'est pas à la pluie. Il n'y a de ce fait ni lessivage ni écoulement de purin dilué par la pluie.

\* Le module est facile à manipuler et ne nécessite aucune intervention supplémentaire pendant la durée du chargement

\* Il ne nécessite pas de gros entretien. En effet, le dispositif est simple, sans appareillage complexe (mélangeur, pompe, etc.), ce qui réduit les risques de pannes ou d'arrêts de production.

\* La consommation d'énergie nécessaire pour la production de biogaz est faible puisque la consommation nécessaire à la production se limite à celle qui doit être utilisée pour maintenir une température suffisante dans le module durant les chargements hivernaux. Par une bonne isolation et une bonne gestion des périodes de chargement, il est possible de limiter cette autoconsommation de biogaz.

\* La production est peu importante quotidiennement mais s'étend sur une période plus longue. Ceci permet une consommation du biogaz au fur et à mesure de sa production et limite les installations de stockage. Si la production était plus importante, il faudrait disposer d'un système de stockage par compression ou le transformer en électricité ou en chaleur.

\* La qualité du biogaz est aussi bonne que dans les autres types de réacteurs : environ 60% de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et 40 % de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) en moyenne.

\* Certains exploitants utilisent des antibiotiques ou autres produits de traitement de leur animaux. Or les bactéries méthanogènes sont sensibles aux toxiques minéraux, organiques et aux antibiotiques. Dans ce module, le fumier n'étant pas mélangé en permanence, cela évite que ces produits ne se retrouvent dans tout le digesteur. Même si certaines zones sont contaminées, le reste du substrat peut être digéré et la production totale ne s'en ressentira pas trop.

\* Les utilisateurs de digesteurs anaérobies du fumier constatent une amélioration du substrat sortant par rapport au substrat entrant. En effet, on sait qu'un compostage avant l'épandage améliore nettement la qualité du fumier. Or il n'est pas toujours facile de disposer d'un lieu pour cette opération de compostage. De plus, pour que celui-ci soit bien fait, il faut retourner le tas plusieurs fois et au début, cela entraîne un dégagement d'odeurs non négligeable. Il semble que le substrat sortant du module soit amélioré par rapport au fumier frais. De plus, il ne dégage plus d'odeurs et peut être épandu immédiatement, ou subir une période de compostage qui peut être plus courte.

Si l'exploitation se trouve dans un village, le fumier ne se trouve plus à l'air libre; le dégagement d'odeur sera moins important, et même nul lors de la production de biogaz.

Ces points sont très importants non seulement dans le cas d'exploitations biologiques mais aussi pour les autres.

\* Le méthane, qui est l'un des gaz à effet de serre, est récupéré et utilisé en remplacement d'une autre source d'énergie. Le bilan de production de gaz à effet de serre est donc inférieur à celui d'une exploitation qui ne récupère pas le biogaz produit. En effet, le méthane n'est pas dégagé dans l'atmosphère mais utilisé comme combustible et transformé en CO<sub>2</sub> par combustion. Or quelque soit le combustible choisi, il y a production de CO<sub>2</sub>. La diminution de pollution de l'air est l'utilisation du méthane au lieu de sa libération dans l'atmosphère. Ce point est très important et devrait justifier un fort développement de ce type d'installations.

## 5. Inconvénients

Nous pouvons constater que sur les 4 cuvées analysées, 2 n'ont eu qu'une faible production de biogaz. Ceci est probablement dû au fait que la température était trop basse dès le départ et ce sont les bactéries méthanogènes psychrophiles qui ont assuré la fermentation or leur productivité est faible. Il est donc nécessaire de s'assurer que la température de départ est suffisante (de l'ordre de 45 à 50°C) et que celle ci ne descende pas trop vite, ce qui peut être évité en chauffant dès le début, en hiver. En été, le problème ne doit pas se poser, surtout si la bâche qui recouvre le module est noire, ce qui constitue un chauffage solaire passif pour le digesteur.

Nous avons également constaté qu'il ne fallait pas trop tasser le fumier lors du remplissage sinon l'humidification du substrat ne se fait pas bien. Il a même été constaté, lors de la vidange du réacteur, que certaines zones étaient très sèches alors qu'un minimum d'humidité est requis pour la digestion anaérobie.

## 6. Améliorations possibles

Il serait possible d'envisager d'installer un système de circulation d'eau au plafond du module et de faire circuler le liquide qui ne manque pas de s'accumuler dans la digesteur, une à deux fois par semaine à l'aide d'une petite pompe.

Il serait également souhaitable de disposer de 2 ou 3 modules en parallèle afin de commencer à en remplir un alors qu'un autre produit. Le module servirait en plus de lieu de stockage.

couvert. Selon l'article 27 de la loi pour la protection des eaux et de la neige (hiver), les agriculteurs doivent prévoir un lieu de stockage avec récupération du purin. En conséquence, le dimensionnement du stockage est fonction du nombres d'UGB. Le module permettrait de stocker le fumier à l'abri des intempéries, ce qui réduirait considérablement le volume de stockage nécessaire pour le purin par rapport à un stockage du fumier à l'air libre à la pluie et à la neige.

## 7. Développements possibles

Il serait intéressant de tester un module dans un manège. Si la production de fumier n'est pas suffisante, il est également possible d'envisager que plusieurs agriculteurs voisins se regroupent pour la production de biogaz.

Dans un village, un module mis en place pour le traitement des ordures ménagères seules ou mélangées avec du fumier ou les déchets de taille des espaces verts devrait être essayé.

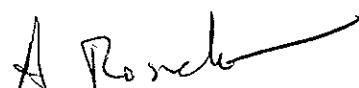
Référence : « Suivi technique pour le module discontinu (ADER) » EREP SA, octobre 1996

Lausanne, octobre 1997

**ADER**



Marie-Hélène Nodin



André Rosselet Président de l'ADER